PUC-Rio – Departamento de Informática
INF1416 – Segurança da Informação
Prof.: Anderson Oliveira da Silva

Trabalho 4 – Cofre Digital (Digital Vault)
(apresentações: 17/5/2021, 19/5/2020, 21/5/2021)

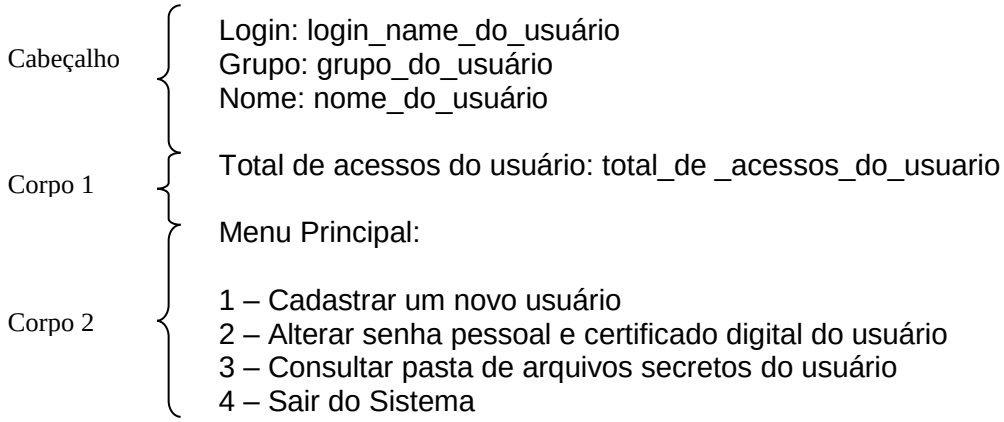
Construir um sistema em Java (plataforma JDK SE 1.8.0) que utiliza um banco de dados relacional (ex: SQLLite, MySQL) e um processo de autenticação forte bifator formado por três etapas, conforme especificado a seguir.

Na primeira etapa de autenticação, deve-se solicitar a identificação do usuário (*login name*) no sistema, que deve ser um e-mail válido. O e-mail do usuário deve ser coletado do seu respectivo certificado digital no momento do seu cadastramento no sistema. Se a identificação for inválida, o usuário deve ser apropriadamente avisado e o processo deve permanecer na primeira etapa. Se a identificação for válida e o acesso do usuário estiver bloqueado, o mesmo deve ser apropriadamente avisado e o processo deve permanecer na primeira etapa. Caso contrário, o processo deve seguir para a segunda etapa.

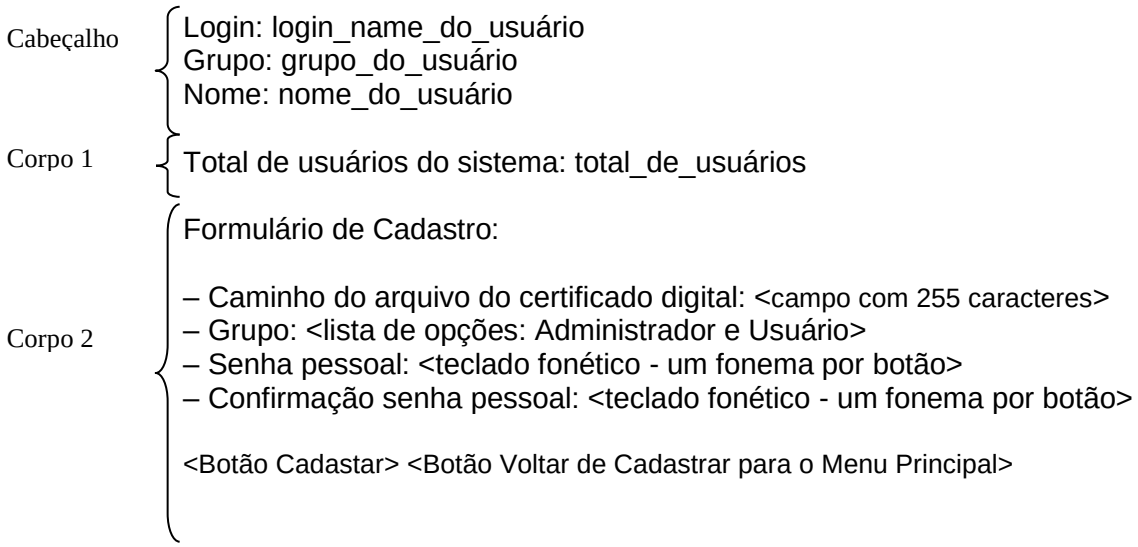
Na segunda etapa, deve-se verificar a senha pessoal do usuário (algo que ele conhece) que é fornecida através de um *teclado virtual fonético sobrecarregado* com seis botões, cada um com três fonemas, que são distribuídos aleatoriamente e sem repetição entre todos os botões. As senhas pessoais são sempre formadas por quatro, cinco ou seis fonemas da Tabela de Fonemas para Autenticação. A cada pressionamento de um botão, os fonemas são redistribuídos aleatoriamente entre os seis botões. Se a verificação da senha for negativa, o usuário deve ser apropriadamente avisado e o processo deve contabilizar um erro de verificação de senha pessoal. Após três erros consecutivos sem que ocorra uma verificação positiva entre os erros, deve-se seguir para a primeira etapa e o acesso do usuário deve ser bloqueado por 2 minutos (outros usuários poderão tentar ter acesso). Se a verificação for positiva, o processo deve seguir para a terceira etapa.

Na terceira e última etapa de autenticação, deve-se verificar a *chave privada do usuário* (algo que ele possui) fornecida para o sistema através de um arquivo binário que armazena o resultado da criptografia da chave privada com o algoritmo simétrico DES/ECB/PKCS5Padding e uma chave secreta. A chave privada não criptografada é representada no padrão PKCS8 e se encontra codificada em BASE64, no formato PEM (Privacy Enhanced Mail). O sistema deve receber a frase secreta de decriptação da chave privada, que deve ser utilizada como semente do SHA1PRNG para recuperar a chave secreta. Depois de decriptar o arquivo binário, deve-se gerar uma assinatura digital no padrão RSA (SHA1withRSA) para um array aleatório de 2048 bytes e, em seguida, verificar a assinatura digital com a chave pública do usuário. Se a verificação for negativa, o usuário deve ser apropriadamente avisado e o processo deve contabilizar um erro de verificação da chave privada, retornando para o início da terceira etapa. Após três erros consecutivos sem que ocorra uma verificação válida da chave privada, deve-se seguir para a primeira etapa e o acesso do usuário deve ser bloqueado por 2 minutos (outros usuários poderão tentar ter acesso). Se a verificação for positiva, o processo deve permitir acesso ao sistema.

Após um processo de autenticação positivo, o sistema deve apresentar uma tela com informações e menus distintos em função do grupo do usuário no sistema. Para organizar a apresentação, a tela é dividida em três partes: cabeçalho, corpo 1 e corpo 2. Para o grupo administrador, o sistema deve apresentar a Tela Principal com as informações do usuário no cabeçalho, o total de acessos do usuário no corpo 1, e o Menu Principal no corpo 2, conforme abaixo:



Quando a opção 1 for selecionada, a Tela de Cadastro deve ser apresentada com o mesmo cabeçalho da Tela Principal, com o total de usuários do sistema no corpo 1 e com o Formulário de Cadastro no corpo 2, conforme abaixo:



Os valores entrados nos campos devem ser criticados adequadamente. As senhas pessoais são sempre formadas por quatro, cinco ou seis fonemas, conforme especificado na Tabela de Fonemas para Autenticação. Não podem ser aceitas sequências de fonemas repetidos. Quando o Botão Cadastrar for pressionado, o sistema deve apresentar uma tela de confirmação com os dados fornecidos e os seguintes campos do certificado digital: Versão, Série, Validade, Tipo de Assinatura, Emissor, Sujeito (Friendly Name) e E-mail. Se os dados forem confirmados, deve-se incluir o usuário no sistema apenas se o login name (e-mail do usuário) for único, notificando o usuário em caso de erro. O nome do usuário e o login name devem ser extraídos do campo de Sujeito do certificado. A senha pessoal deve ser armazenada no banco de dados conforme o requisito para armazenamento de senhas. O certificado digital deve ser carregado e armazenado no banco de dados no formato PEM (Privacy-Enhanced Mail), mantendo a codificação em BASE64. Se o cadastro for efetivado, deve-se retornar à Tela de Cadastro com o formulário vazio. Caso contrário, deve-se retornar à Tela de Cadastro com o formulário preenchido com os dados fornecidos. Quando o Botão Voltar de Cadastrar para o Menu Principal for pressionado, deve-se retornar à Tela Principal.

O requisito para armazenamento da senha pessoal é o seguinte:

Valor_Armazenado = HEX(HASH_SHA1(senha_texto_plano + SALT))

Onde,

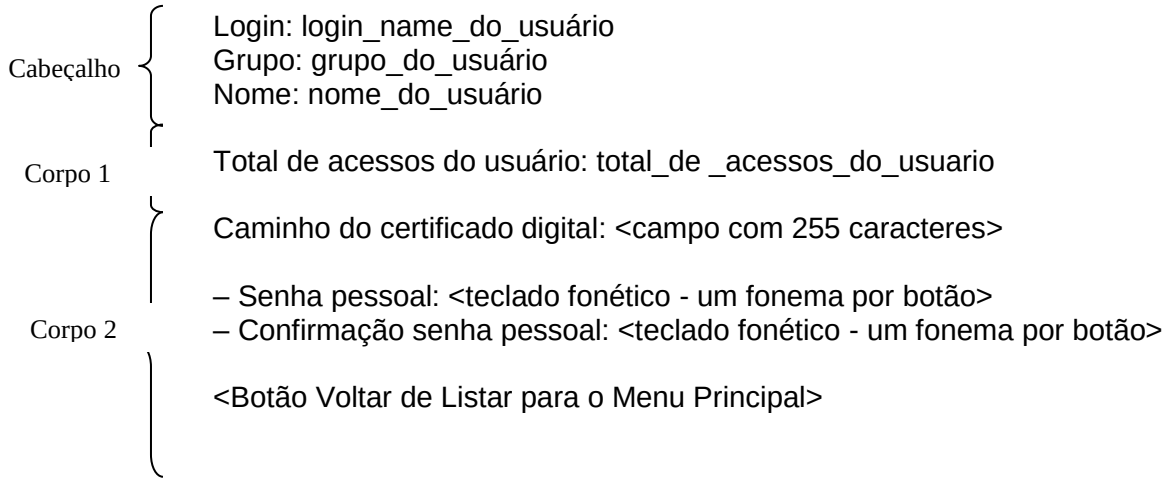
HEX = representação hexadecimal.
HASH_SHA1 = função hash SHA-1.
+ = concatenação de string.
senha_texto_plano = senha em texto plano (string).
SALT = valor aleatório composto de 10 caracteres do conjunto [A-Z][a-z][0-9] (string).

O arquivo da chave privada é binário e deve ser armazenado em um token (por exemplo, pendrive). O arquivo do certificado digital é ASCII codificado em BASE64, no formato PEM (Privacy-Enhanced Mail) e padrão X.509. Por questão de segurança, o arquivo da chave privada está criptografado com DES/ECB/PKCS5Padding. A chave DES deve ter 56 bits e deve ser gerada a partir de uma FRASE SECRETA do usuário dono da chave privada. O Java oferece classes prontas para gerar a chave simétrica com base em uma FRASE SECRETA (*KeyGenerator* e *SecureRandom*). O PRNG para geração da chave DES é o SHA1PRNG.

A chave privada decriptada usa o padrão PKCS8 e o certificado digital usa o padrão X.509, ambos codificados em BASE64. O Java oferece classes prontas para manipular com os dados codificados que estão armazenados nesses arquivos, respectivamente, as classes *PKCS8EncodedKeySpec*, *X509Certificate* e *Base64*. A partir da decodificação dos dados dos arquivos feita por essas classes, o Java também possibilita a restauração das chaves privadas e públicas com as classes *KeyFactory*, *PrivateKey* e *PublicKey*, e do certificado digital com a classe *CertificateFactory*.

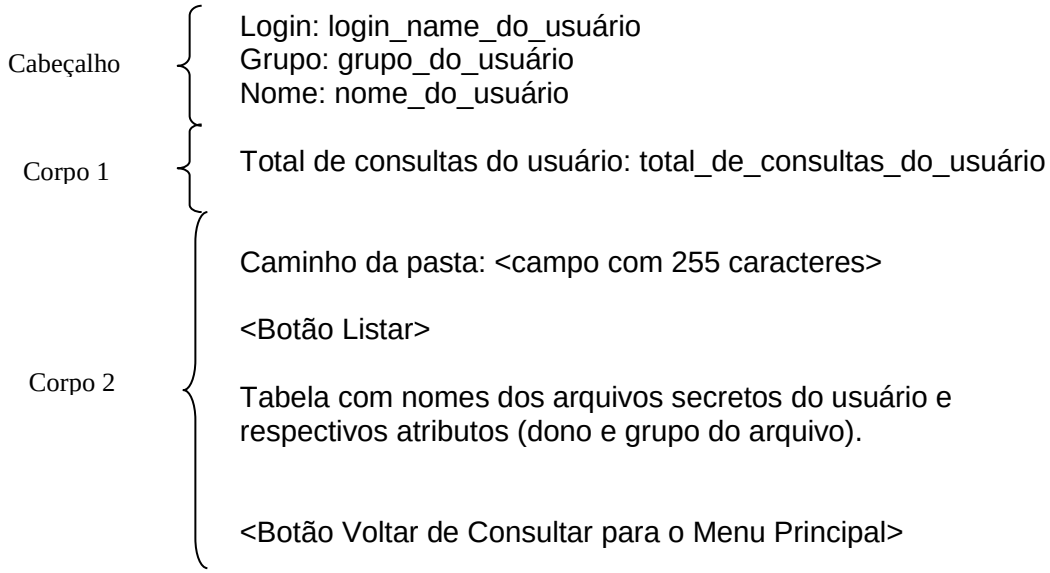
O banco de dados é organizado em quatro tabelas: Usuarios, Grupos, Mensagens e Registros. A tabela Usuários deve guardar as informações pessoais dos usuários, inclusive o valor armazenado da senha pessoal do usuário, conforme o requisito de armazenamento de senhas. O certificado digital do usuário também deve ser armazenado neste registro em BASE64 (PEM). A tabela Grupos deve armazenar os grupos do sistema (cada grupo possui um GID, número decimal único de identificação do grupo). A tabela Mensagens deve armazenar as mensagens da Tabela de Mensagens de Registro. E, a tabela de Registros deve armazenar os registros relacionados ao uso do sistema, identificando a data e hora de um registro, relacionando com um usuário quando necessário.

Quando a opção 2 for selecionada, a Tela de Alterar Senha Pessoal e Certificado Digital do Usuário deve ser apresentada com o mesmo cabeçalho da Tela Principal. No corpo 1, deve-se apresentar o total de logins feitos pelo usuário corrente. O corpo 2 deve ser apresentado conforme abaixo:



Os valores entrados nos campos devem ser criticados adequadamente, conforme descrito no processo de cadastro. Campos vazios devem ser aceitos e não devem promover alteração nos respectivos itens. Dessa forma, pode-se alterar apenas o certificado digital ou a senha pessoal. Porém, se a senha pessoal for fornecida, o campo de confirmação da senha não pode estar vazio. Quando o Botão Voltar de Listar para o Menu Principal for pressionado, deve-se retornar à Tela Principal.

Quando a opção 3 for selecionada, a Tela de Consultar Pasta de Arquivos Secretos do Usuário deve ser apresentada com o mesmo cabeçalho e corpo 1 da Tela Principal, e com o total de consultas feitas pelo usuário corrente no corpo 2, conforme abaixo:



Quando o Botão Listar for pressionado, deve-se decriptar o arquivo de índice da pasta fornecida (cifra DES, modo ECB e enchimento PKCS5), chamado index.enc; verificar a integridade e autenticidade do arquivo de índice; e listar o conteúdo do arquivo de índice apresentando o nome código dos arquivos, o nome secreto dos arquivos e os respectivos donos e grupos de cada arquivo. O envelope digital do arquivo de índice é armazenado no arquivo index.env (protege a semente SHA1PRNG que gera a chave secreta DES) e a assinatura digital do arquivo de índice é armazenada no arquivo index.asd (representação binária da assinatura digital). O envelope digital e a assinatura digital são gerados com as respectivas chaves assimétricas do usuário e as classes Cipher e Signature. O arquivo de índice decriptado possui zero ou mais linhas formatadas da seguinte forma:

NOME_CODIGO_DO_ARQUIVO<SP>NOME_SECRETO_DO_ARQUIVO<SP>DONO_ARQUIVO<SP><GRUPO_ARQUIVO><EOL>

Onde:

NOME_CODIGO_DO_ARQUIVO: caracteres alfanuméricos (nome código do arquivo).
NOME_SECRETO_DO_ARQUIVO: caracteres alfanuméricos (nome original do arquivo).
DONO_ARQUIVO: caracteres alfanuméricos (atributo do arquivo).
GRUPO_ARQUIVO: caracteres alfanuméricos (atributo do arquivo).
<SP> = caractere espaço em branco.
<EOL> = caractere nova linha (\n).

Quando o nome secreto de um arquivo da lista apresentada for selecionado, o sistema deve verificar se o usuário pode ou não acessar o arquivo. A política de controle de acesso é simples: o usuário só pode acessar um arquivo se for o dono do mesmo ou se pertencer ao grupo do arquivo. Em caso afirmativo, o sistema deve (i) decriptar o arquivo secreto (cifra DES, modo ECB e enchimento PKCS5) selecionado, notificando o usuário sobre eventuais erros de integridade, autenticidade e sigilo; e (ii) gravar os dados decriptados em um novo arquivo com o nome secreto. Caso contrário, o sistema deve notificar o usuário que ele não tem permissão de acesso.

O nome do arquivo criptografado usa o nome código do arquivo e a extensão *.enc*. A assinatura digital, gerada com a classe *Signature* e a chave assimétrica do usuário, é mantida em um arquivo com o nome código e a extensão *.asd* (representação binária da assinatura digital). O envelope digital do arquivo é mantido em um arquivo com o nome código e a extensão *.env* (protege a semente SHA1PRNG que gera a chave secreta DES). Quando o Botão Voltar de Consultar para o Menu Principal for pressionado, deve-se retornar à Tela Principal.

Quando a opção 4 for selecionada, a Tela de Saída deve ser apresentada com o mesmo cabeçalho da Tela Principal. O corpo 1 deve apresentar o total de acessos do usuário corrente e o corpo 2 deve ser apresentado conforme abaixo:

Cabeçalho	Login: login_name_do_usuário Grupo: grupo_do_usuário Nome: nome_do_usuário
Corpo 1	Total de acessos do usuário: total_de _acessos_do_usuario
Corpo 2	Saída do sistema: Mensagem de saída. <Botão Sair> <Botão Voltar de Sair para o Menu Principal>

O sistema deve apresentar a mensagem de saída “Pressione o botão Sair para confirmar.” e os dois botões. Quando o Botão Sair for pressionado, deve-se encerrar o sistema. Se o botão <Voltar de Sair para o Menu Principal> for pressionado, deve-se retornar à Tela Principal.

Para o grupo usuário, o sistema deve funcionar de forma equivalente. Porém, o cabeçalho das telas deve apresentar o grupo como Usuário e o Menu Principal não deve apresentar a opção Cadastrar um Novo Usuário. O corpo 2 deve continuar apresentando a mensagem “Total de acessos do usuário: total_de_acessos_do_usuário”.

Cada uma das operações executadas pelo sistema deve ser registrada em uma tabela de Registros no banco de dados, armazenando, pelo menos, a data e hora do registro, assim como o código do mesmo e, quando necessário, a identificação do usuário corrente e do arquivo selecionado para decriptação. Não é permitido armazenar as mensagens dos registros nessa tabela. Essas mensagens devem ser armazenadas na tabela Mensagens. **Os registros devem ser visualizados em ordem cronológica apenas por um programa de apoio (logView) que deve também ser implementado.**

Os fonemas das senhas pessoais são apresentados na Tabela de Fonemas para Autenticação e as mensagens de registro são apresentadas na Tabela de Mensagens de Registro.

O **prazo de submissão do projeto** deste trabalho, com todos os fontes em Java, no sistema de EAD da PUC-Rio, é dia **16/5/2021, 23:59h**. O prazo máximo para submissão é dia **17/5/2021, 11:59h**. Cada integrante do grupo deve fazer uma submissão.

Tabela de Fonemas para Autenticação		
BA	BE	BO
CA	CE	CO
DA	DE	DO
FA	FE	FO
GA	GE	GO
HA	HE	HO

Tabela de Mensagens de Registro	
1001	Sistema iniciado.
1002	Sistema encerrado.
2001	Autenticação etapa 1 iniciada.
2002	Autenticação etapa 1 encerrada.
2003	Login name <login_name> identificado com acesso liberado.
2004	Login name <login_name> identificado com acesso bloqueado.
2005	Login name <login_name> não identificado.
3001	Autenticação etapa 2 iniciada para <login_name>.
3002	Autenticação etapa 2 encerrada para <login_name>.
3003	Senha pessoal verificada positivamente para <login_name>.
3004	Primeiro erro da senha pessoal contabilizado para <login_name>.
3005	Segundo erro da senha pessoal contabilizado para <login_name>.
3006	Terceiro erro da senha pessoal contabilizado para <login_name>.
3007	Acesso do usuario <login_name> bloqueado pela autenticação etapa 2.
4001	Autenticação etapa 3 iniciada para <login_name>.
4002	Autenticação etapa 3 encerrada para <login_name>.
4003	Chave privada verificada positivamente para <login_name>.
4004	Chave privada verificada negativamente para <login_name> (caminho inválido).
4005	Chave privada verificada negativamente para <login_name> (frase secreta inválida).
4006	Chave privada verificada negativamente para <login_name> (assinatura digital inválida).
4007	Acesso do usuario <login_name> bloqueado pela autenticação etapa 3.
5001	Tela principal apresentada para <login_name>.
5002	Opção 1 do menu principal selecionada por <login_name>.
5003	Opção 2 do menu principal selecionada por <login_name>.
5004	Opção 3 do menu principal selecionada por <login_name>.
5005	Opção 4 do menu principal selecionada por <login_name>.
6001	Tela de cadastro apresentada para <login_name>.
6002	Botão cadastrar pressionado por <login_name>.
6003	Senha pessoal inválida fornecida por <login_name>.
6004	Caminho do certificado digital inválido fornecido por <login_name>.
6005	Confirmação de dados aceita por <login_name>.
6006	Confirmação de dados rejeitada por <login_name>.
6007	Botão voltar de cadastro para o menu principal pressionado por <login_name>.
7001	Tela de alteração da senha pessoal e certificado apresentada para <login_name>.
7002	Senha pessoal inválida fornecida por <login_name>.
7003	Caminho do certificado digital inválido fornecido por <login_name>.
7004	Confirmação de dados aceita por <login_name>.
7005	Confirmação de dados rejeitada por <login_name>.
7006	Botão voltar de carregamento para o menu principal pressionado por <login_name>.
8001	Tela de consulta de arquivos secretos apresentada para <login_name>.
8002	Botão voltar de consulta para o menu principal pressionado por <login_name>.
8003	Botão Listar de consulta pressionado por <login_name>.
8004	Caminho de pasta inválido fornecido por <login_name>.
8005	Arquivo de índice decriptado com sucesso para <login_name>.
8006	Arquivo de índice verificado (integridade e autenticidade) com sucesso para <login_name>.
8007	Falha na decriptação do arquivo de índice para <login_name>.
8008	Falha na verificação (integridade e autenticidade) do arquivo de índice para <login_name>.
8009	Lista de arquivos presentes no índice apresentada para <login_name>.
8010	Arquivo <arq_name> selecionado por <login_name> para decriptação.
8011	Acesso permitido ao arquivo <arq_name> para <login_name>.
8012	Acesso negado ao arquivo <arq_name> para <login_name>.
8013	Arquivo <arq_name> decriptado com sucesso para <login_name>.
8014	Arquivo <arq_name> verificado (integridade e autenticidade) com sucesso para <login_name>.
8015	Falha na decriptação do arquivo <arq_name> para <login_name>.
8016	Falha na verificação (integridade e autenticidade) do arquivo <arq_name> para <login_name>.
9001	Tela de saída apresentada para <login_name>.
9002	Saída não liberada por falta de one-time password para <login_name>.
9003	Botão sair pressionado por <login_name>.
9004	Botão voltar de sair para o menu principal pressionado por <login_name>.